

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра лазерной физики и спектроскопии

ПИОТУХ Анна Сергеевна

**ОПТИМИЗАЦИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГОЛЬМИЯ ВО
ФТОРФОСФАТНОМ СТЕКЛЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВО
ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ ДАТЧИКАХ ТЕМПЕРАТУРЫ**

Реферат дипломной работы

Научные руководители:
кандидат физико-
математических наук, заместитель
заведующего центром
«Нелинейная оптика и
активированные материалы», ГНУ
«Институт физики имени Б.И.
Степанова НАН Беларуси»
Ходасевич И.А.

доцент, кандидат физико-
математических наук, доцент,
кафедра лазерной физики и
спектроскопии БГУ
Горбач Д.В.

Минск, 2024

РЕФЕРАТ

Дипломная работа 41с., 13 рис., 3 табл., 37 источников, 1 прил.

Ключевые слова: ФТОРФОСФАТНЫЕ СТЕКЛА, РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ИОНЫ, АП-КОНВЕРСИОННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ, МЕТОД FIR, ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ, ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ДАТЧИКИ

Объект исследования: температурная зависимость ап-конверсионного преобразования инфракрасного излучения редкоземельными ионами в стеклах с низкой энергией фононов.

Цель работы: исследование термочувствительности ап-конверсионных материалов с низкими фононными потерями и оптимизация концентрации редкоземельных ионов для применения в датчиках температуры.

Методы исследования: лазерная люминесцентная спектроскопия и ратиометрический метод FIR

Полученные результаты и их новизна: установлены закономерности влияния концентрации ионов Yb^{3+} и Ho^{3+} , выбора спектральных диапазонов полос ап-конверсионной люминесценции и мощности возбуждающего ее излучения диодного лазера с длиной волны $\lambda = 950 - 965$ нм на оценку термочувствительности фторфосфатных стекол в диапазоне температур от $+ 25$ °C до $+ 200$ °C ратиометрическим методом FIR. Более чувствительными к изменению температуры являются отношения интенсивностей суб-полос около длин волн 543 нм / 657 нм, а также диапазонов длин волн в пределах полос зеленой и красной люминесценции. FIR-зависимости, построенные по этим полосам, характеризуются коэффициентом корреляции близким к 1, хорошо аппроксимируются линейной функцией и могут быть использованы для калибровки сенсорных элементов датчиков температуры. Наилучшей калибровочной прямой, максимальной относительной термочувствительностью ($S_r = 0,49$ %K⁻¹ для 298 К) и минимальным температурным разрешением $\delta T = 0,5$ К обладает стекло с концентрацией ионов Ho^{3+} (0,5 моль%) и Yb^{3+} (5 моль%) при мощности возбуждения 0,4 Вт.

Отработана методика измерения ап-конверсионных спектров и калибровки по температуре, которая позволяет выбирать сенсорные элементы с FIR-зависимостями, приемлемыми в качестве калибровочных кривых, и с высокими значениями температурной чувствительности.

Область возможного применения: фторфосфатное стекло является перспективным материалом для создания сенсорных элементов температурных датчиков с возможностью управления требуемой точностью измерений с помощью выбора полос ап-конверсионной люминесценции и мощности возбуждающего инфракрасного излучения для применения в микроэлектронике, в промышленном, аграрном и других секторах экономики.

РЭФЭРАТ

Дыпломная праца 41с., 13 мал., 3 табл., 37 крыніц, 1 дад.

Ключавыя словы: ФТОРФАСФАТНЫЯ ШКЛА, РЭДКАЗЯМЕЛЬНЫЯ ІЁНЫ, АП-КАНВЕРСІЙНАЯ ЛЮМІНЕСЦЭНЦЫЯ, МЕТАД FIR, ТЭМПЕРАТУРНАЯ АДЧУВАЛЬНАСЦЬ, ТЭМПЕРАТУРНЫЯ ДАТЧЫКІ

Аб'ект даследавання: тэмпературная залежнасць ап-канверсійнага пераўтварэння інфрачырвонага выпраменьвання рэдказямельных іёнаў у шкле з нізкай энергіяй фанонаў.

Мэта працы: даследаванне тэрмаадчувальнасці ап-канверсійных матэрыялаў з нізкімі фаноннымі стратамі і аптымізацыя канцэнтрацыі рэдказямельных іёнаў для прымянення ў датчыках тэмпературы.

Метады даследавання: лазерная люмінесцэнтная спектраскапія і ратыёметрычны метада FIR

Атрыманыя вынікі і іх навізна: устаноўлены заканамернасці ўплыву канцэнтрацыі іёнаў Yb^{3+} і Ho^{3+} , выбару спектральных дыяпазонаў палос ап-канверсійнай люмінесцэнцыі і магутнасці ўзбуджальнага яе выпраменьвання дыёднага лазера з даўжынёй хвалі $\lambda = 950 - 965$ нм на ацэнку тэрмаадчувальнасці фторфосфатных шклоў у дыяпазоне тэмператур ад $+ 25$ °C да $+ 200$ °C ратыёметрычным метадам FIR. Больш адчувальнымі да змены тэмпературы з'яўляюцца адносіны інтэнсіўнасцей суб-палос каля даўжынь хваль 543 нм / 657 нм, а таксама дыяпазонаў даўжынь хваль у межах палос зялёнай і чырвонай люмінесцэнцыі. FIR-залежнасці, пабудаваныя па гэтых палосах, характарызуюцца каэфіцыентам карэляцыі блізкім да 1, добра апраксімуюцца лінейнай функцыяй і могуць быць выкарыстаны для каліброўкі сэнсарных элементаў датчыкаў тэмпературы. Найлепшую калібровачную прамую, максімальную адносную тэрмаадчувальнасць ($S_T = 0,49$ %K⁻¹ для 298 K) і мінімальны тэмпературны дазвол $\delta T = 0,5$ K мае шкло з канцэнтрацыяй іёнаў Ho^{3+} (0,5% моль) і Yb^{3+} (5 моль%) пры магутнасці ўзбуджэння 0,4 Вт.

Адпрацаваная методыка вымярэння ап-канверсійных спектраў і каліброўкі па тэмпературы, якая дазваляе выбіраць сэнсарныя элементы з FIR-залежнасцямі, прымальнымі ў якасці калібровачных крывых, і з высокімі значэннямі тэмпературнай адчувальнасці.

Вобласць магчымага прымянення: фторфасфатнае шкло з'яўляецца перспектыўным матэрыялам для стварэння сэнсарных элементаў тэмпературных датчыкаў з магчымасцю кіравання патрабаванай дакладнасцю з дапамогай выбару палос ап-канверсійнай люмінесцэнцыі і магутнасці ўзбуджальнага інфрачырвонага выпраменьвання для прымянення ў мікраэлектроніцы, у прамысловым, аграрным і іншых сектарах эканомікі.

ABSTRACT

Degree paper 41p., 13 ill., 3 tab., 37 sources, 1 app.

Keywords: FLUOROPHOSPHATE GLASSES, RARE EARTH IONS, UPCONVERSION LUMINESCENCE, FIR METHOD, TEMPERATURE SENSITIVITY, TEMPERATURE SENSORS

The object of the study: the temperature dependence of the upconversion of infrared radiation by rare earth ions in glasses with low phonon energy.

The purpose of the work: to study the temperature sensitivity of upconversion materials with low phonon losses and optimize the concentration of rare earth ions for temperature sensors.

Research methods: laser luminescence spectroscopy and ratiometric FIR method.

The results obtained and their novelty: the regularities of influence of Yb^{3+} and Ho^{3+} ions concentration, choice of spectral ranges of up-conversion luminescence bands and power of excitation radiation of diode laser with wavelength $\lambda = 950 - 965$ nm on estimation of the temperature sensitivity of fluorophosphate glasses in the temperature range from $+ 25$ °C to $+ 200$ °C by ratiometric FIR method have been determined. More temperature sensitive are the ratios of sub-band intensities near the 543 nm / 657 nm wavelengths and of the wavelength ranges within the green and red luminescence bands. The FIR dependences plotted from these bands are characterized by a correlation coefficient close to 1, are well approximated by a linear function, and can be used for calibration of temperature sensor elements. The best calibration line, the maximum relative sensitivity ($S_r = 0,49 \text{ \%K}^{-1}$ for 298 K) and the minimum temperature resolution $\delta T = 0,5 \text{ K}$ has a glass with a concentration of Ho^{3+} (0,5 mol%) and Yb^{3+} (5 mol%) ions at an excitation power of 0,4 W.

A technique for measuring upconversion spectra and temperature calibration has been developed, which allows you to select sensor elements with FIR dependencies acceptable as calibration curves and with high temperature sensitivity values.

Area of possible application: fluorophosphate glass is a promising material for creating sensor elements of temperature sensors with the ability to control the required measurement accuracy by selecting bands of upconversion luminescence and the power of exciting infrared radiation for microelectronics, industrial, agricultural and other sectors of the economy.